Tracking the Spread and Intensity of Crown Fires

By M.E. Alexander, B.J. Stocks, B.M. Wotton and R.A. Lanoville

While high-intensity, crowning forest fires account for a very large proportion of the annual area burned by wildfires in Canada and in many other regions, a complete understanding of crown fire phenomena has been a long-standing research need for the wildland fire management and research communities.

The Canadian Forest Service (CFS) has been an international leader in conducting experimental crown fires in coniferous forest fuel types, and in formulating empirical models and systems for quantitatively predicting crown fire initiation and spread. These models and systems are currently in operational use by Canadian fire management agencies and others.

After four decades of crown fire research, much remains to be explored and developed. The CFS, in cooperation with the Northwest Territories' (NWT) Department of Resources, Wildlife and Economic Development, and with significant participation by the U.S. Forest Service (USFS), initiated a new research thrust in the mid-1990s.

The ICFME study area. Plots averaged 150 x 150 metres in size.

The International Crown Fire Modelling Experiment (ICFME) represents a major field activity of the International Boreal Forest Research Association's Fire Working Group and the International Geosphere-Biosphere Programme's project on global atmospheric chemistry associated with biomass burning. ICFME is one of three recent burning experiments conducted to investigate the behavior, ecological impacts and atmospheric chemical effects of high-intensity crown fires in northern circumpolar boreal forests. The others took place in central Siberia in July 1993, and interior Alaska in July 1999.

ICFME's principal focus was the testing and calibration of a new, physically based model for predicting the rate of spread and intensity of crown fires. The model was developed by Dr. Frank Albini of Montana State University, a theoretical wildland fire modeller, and supported by both the CFS and USFS.

Research methodology

In June 1994, an ideal outdoor laboratory for conducting early-summer experimental crown fires was located approximately 50 kilometres (~30 miles) northeast of the town of Fort Providence, NWT. The forest is a dense, 70-year-old jack pine stand, averaging 13 metres in height with an equally dense black spruce understorey—a perfect fuel complex for generating crown fires. The bulk of the plot establishment, fireguard construction

High-intensity
flame front associated
with an ICFME experimental
crown fire soon after ignition.

104-02035/

and pre-burn sampling of ground, surface and crown fuel characteristics was undertaken during the summers of 1995 and 1996.

The "burning window" for the ICFME project was a three-week period from mid-June to early July, before the Northwest Territories lightning fire season. In preparation for burning, a fully automated fire weather station was set-up on site each season. Daily observations from this station were used to calculate the Canadian Forest Fire Weather Index System components (editor's note: see *Initial Attack* ...Spring 1996, page 6). This information, coupled with the formulated burning prescription, the daily fire weather forecasts issued by a CFS meteorologist, and the results from small-scale test fires, were the principal considerations in deciding which plot (if any) should be burned on a given day.

To quantify the characteristics associated with the complex and dynamic nature of crown fires, a network of ground-, tower-, and aircraft-based instrumentation was deployed at various locations in, around and above each burning plot. This included a vast array of thermocouples and continuous video. This instrumentation permitted the measurement, monitoring and recording of many parameters, including: thermal radiation, vertical temperature profiles in and above the advancing flame front, fire spread pattern, spotting distances and densities, flame front residence times, flame size and geometry, fuel moisture and consumption, trace gases and aerosol emissions from smoke, and entrainment winds.

The resulting flame fronts were commonly two to three times the tree height.

Accomplishments to date

Plot burning began on Canada's national day, July 1, 1997 and concluded June 28, 2000. In total, 18 experimental crown fires were conducted in the study area. Attempts were made to burn a single remaining plot in June 2001, but to no avail. This constitutes the world's most thoroughly documented set of experimental crown fires.

Each ICFME plot was ignited as a 'line of fire' using a truck-mounted "terra-torch" pressurized flame-thrower. The fire behavior characteristics were typical for active crown fires in the boreal forest, advancing at 1-5 kilometres per hour, consuming significant quantities of fuel and, in turn, releasing vast amounts of thermal energy. The resulting flame fronts were commonly two to three times the tree height. Despite the small size of the burned areas, well-defined convection columns were established, although temporarily, and prolific short-range downwind spotting was commonly observed for distances up to 300 metres.

ICFME enabled researchers and managers to test and examine models, theories, operational guidelines and equipment.

Installation of thermocouples and continuous video cameras.

The control, mop-up and patrol of all experimental fires was the responsibility of the territorial fire management staff and their contract fire suppression crews, who experienced no problems containing and extinguishing the fires.

Future lessons

While ICFME's initial objective was physical modelling of crown fire behavior, it also permitted examination of other aspects and implications of crown fires, including linkages to fire effects, firefighter safety, and the wildland-urban interface. ICFME enabled researchers and managers to test and examine models, theories, operational guidelines and equipment. The variety of concurrent objectives brought to ICFME by the diverse group of participants illustrates that multi-disciplinary undertakings of this magnitude can accommodate both applied as well as fundamental studies, including client-driven and long-term research and development activities.

International endeavors such as ICFME, which involve extensive cross-disciplinary collaboration, are expected to be the model for future wildland fire research, as organizations share resources and effort to make progress.

However, large-scale projects such as ICFME require extensive planning, commitment, collaboration and trust among participating agencies. The working atmosphere must enable participants to work in an unfettered manner. ICFME's success in this regard can be attributed to: thoughtful planning based on similar experimental burns, enlightened fire management, good working relationships between and among the local community, operational personnel and researchers, and the support of senior management. Patience and perseverance are also essential for participants.

Briefing the ICFME team prior to ignition.

Further information

ICFME has provided valuable new data sets and insights into the characteristics of crown fires. Researchers and managers developing strategies to protect communities from wildfire and ensure the safety of wildland firefighters need these resources. The knowledge and experience acquired during ICFME will be critical to developing the next generation of fire behavior models, and we can expect Improvements in the science of fire behavior prediction.

The photographic documentation acquired through ICFME is proving valuable in fire management training and public education.

The photographic documentation acquired through ICFME is proving valuable in fire management training and public education. ICFME has been the subject of three film and television documentaries produced in Austria, England and Holland. The USFS Technology Development Center in Missoula, Montana, released a short video presentation on ICFME in early 1998.

While some preliminary findings and studies carried out during ICFME have already been published, more detailed results will begin to appear within the next two years. Readers can visit the ICFME web site for a comprehensive listing of information resources, including photo coverage of all the ICFME fires. For the latest updates see:
http://www.nofc.cfs.nrcan.gc.ca/fire/frn/nwt/.

Marty Alexander is Senior Fire Behavior Research Officer with the Canadian Forest Service (CFS) in Edmonton, Alberta. Brian Stocks and Mike Wotton are, respectively, Senior Research Scientist - Forest Fire and Global Change and Physical Fire Research Scientist, with CFS in Sault Ste. Marie, Ontario. Rick Lanoville is Manager-Forest Science Services with the Department of Resources, Wildlife and Economic Development in Fort Smith, Northwest Territories.

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Northern Forestry Centre
5320 - 122 Street
Edmonton, Alberta, Canada
T6H 3S5

Telephone (780) 435-7210
Fax (780) 435-7359

Prédiction du taux de propagation et de l'intensité des feux de cimes

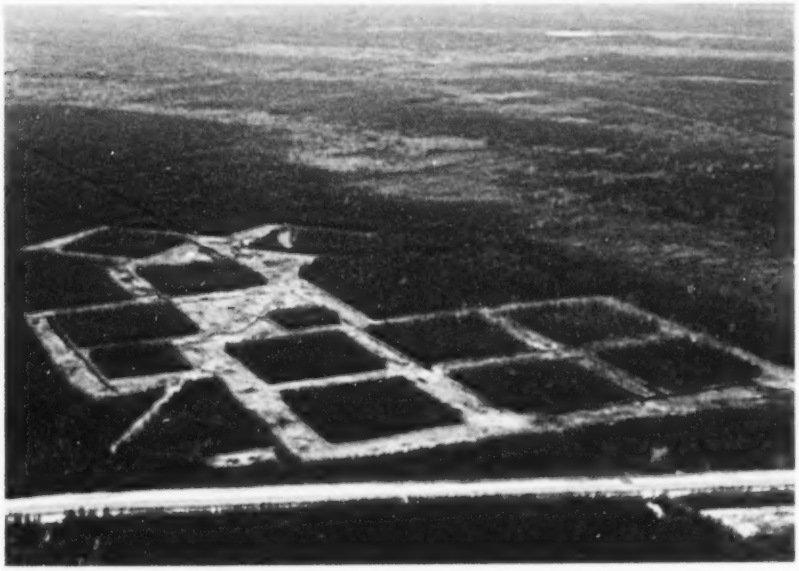
par M.E. Alexander, B.J. Stocks, B.M. Wotton et R.A. Lanoville

Bien que les feux de cimes soient responsables d'une très grande partie de la superficie brûlée annuellement au Canada et ailleurs, leur compréhension continuent de faire l'objet d'une recherche de longue date.

Le Service canadien des forêts (SCF) est un des chefs de file internationaux dans l'expérimentation de feux de cimes dans des forêts de conifères et dans la formulation de modèles et de systèmes empiriques visant à prédire quantitativement l'allumage et la propagation des feux de cimes.

Après quatre décennies de recherche sur les feux de cimes, il reste beaucoup à faire. En collaboration avec le ministère des Ressources, de la Faune et du Développement économique des Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.) et avec la participation importante de l'U.S. Forest Service (USFS), le SCF a imprimé un nouveau mouvement à la recherche dans le milieu des années 90.

L'Expérience internationale de modélisation des feux de cimes (EIMFC) représente une des grandes activités sur le terrain de l'Association internationale de recherche sur les forêts boréales et le Programme international Géosphère-Biosphère sur la chimie atmosphérique mondiale. L'EIMFC est l'une des trois expériences de brûlage récentes ayant pour objet d'investiguer le comportement, les impacts écologiques et les effets chimiques atmosphériques de feux de cimes intenses dans des forêts boréales circumpolaires nordiques. Les deux autres ont eu lieu dans le centre de la Sibérie en juillet 1993 et dans le centre de l'Alaska en juillet 1999.



Zone d'étude de l'EIMFC. Les parcelles mesurent en moyenne 150 m x 150 m.

Le premier objectif de l'EIMFC était de tester et d'étalonner un nouveau modèle physique de prédiction du taux de propagation et de l'intensité des feux de cimes. Le modèle a été développé par Frank Albani de la Montana State University avec le soutien du SCF et de l'USFS.

Méthodologie de la recherche

En juin 1994, les chercheurs ont utilisé un laboratoire extérieur idéal situé à environ 50 kilomètres au nord-est de la ville de Fort Providence (T.N.-O.). La forêt est un peuplement dense de pins gris atteignant en moyenne 13 mètres de haut avec un sous-étage également dense d'épinettes noires, ce qui représente un combustible complexe parfait pour la production de feux de cimes. L'établissement des parcelles, la construction des coupe-feu et l'échantillonnage, des caractéristiques du sol, de la surface et des combustibles avaient été effectués en grande partie durant les étés de 1995 et de 1996, avant le brûlage.

Front de flammes de haute intensité associé à un feu de cimes expérimental de l'EIMFC peu après l'allumage.

D'une durée de trois semaines, le créneau de brûlage de l'EIMFC s'est échelonné de la mi-juin jusqu'au début de juillet, avant la saison des incendies des T.N.-O. En prévision du brûlage, on avait installé sur place une station de météorologie forestière entièrement automatisée. Les observations quotidiennes prises à partir de cette station servaient à calculer les composantes de la Méthode canadienne de l'Indice Forêt-Météo (note du rédacteur en chef : voir *Attaque initiale*, printemps 1996, page 6). Cette information jumelée à la prescription de brûlage formulée, les prévisions de météorologie forestière quotidiennes du SCF et les résultats des feux d'essai à petite échelle étaient les principales considérations dans le choix d'une parcelle à brûler une journée donnée.

Les fronts de flammes résultants atteignaient ordinairement deux ou trois fois la hauteur des arbres.

Afin de quantifier les caractéristiques associées à la nature complexe et dynamique des feux de cimes, on a installé une batterie d'instruments au sol, dans les tours et à bord d'aéronefs, y compris un large éventail de thermocouples et de caméras vidéo en continu. Cette instrumentation a permis la mesure, le contrôle et l'enregistrement de nombreux paramètres: rayonnement thermique, profils verticaux de la température du front de flammes, forme de propagation du feu, distances et densités des feux disséminateurs, temps de séjour du front de flammes, dimensions et géométrie des flammes, humidité et consommation des combustibles, gaz à l'état de traces et aérosols.

Réalisations à ce jour

Amorcé le 1er juillet 1997, le brûlage de parcelles s'est terminé le 28 juin 2000. Au total, on a créé 18 feux de cimes expérimentaux, ce qui constitue l'ensemble de feux de cimes expérimentaux le plus documenté dans le monde.

Chaque parcelle de l'EIMFC était allumée comme une «ligne de feu» à l'aide d'un lance-flammes monté sur un camion. Les caractéristiques de comportement du feu étaient typiques pour des feux de cimes actifs dans la forêt boréale, avançant d'un à cinq kilomètres à l'heure et consommant beaucoup de combustibles et, par conséquent, dégageant d'énormes quantités d'énergie thermique. Les fronts de flammes résultants atteignaient ordinairement deux ou trois fois la hauteur des arbres. Malgré les dimensions réduites des parcelles brûlées, on a établi des colonnes de fumée bien définies et on a observé un grand

L'EIMFC a permis aux chercheurs et aux gestionnaires de mettre à l'essai et d'examiner des modèles, des théories, des lignes directrices opérationnelles et de l'équipement.

Installation de thermocouples et de caméras vidéo en continu.

nombre de feux disséminateurs sur des distances d'au plus 300 mètres.

Le contrôle, l'extinction finale et la patrouille de tous les feux expérimentaux incombaient à l'équipe de gestion territoriale des incendies et à ses équipes de pompiers contractuels.

Fruit de l'expérience

Outre la modélisation physique du comportement des feux de cimes, l'EIMFC a permis l'examen d'autres aspects et implications des feux de cimes, notamment les rapports avec les effets incendiaires, la sécurité des pompiers et les régions périurbaines. De plus, elle a permis aux chercheurs et aux gestionnaires de mettre à l'essai et d'examiner des modèles, des théories, des lignes directrices opérationnelles et de l'équipement. Les activités multidisciplinaires de l'EIMFC peuvent porter sur les études appliquées ou fondamentales, y compris les travaux de recherche et de développement à long terme ou centrés sur un client.

Un projet comme l'EIMFC exige beaucoup de planification, d'engagement, de collaboration et de confiance de la part des organismes participants. L'atmosphère de travail doit permettre aux personnes d'agir sans entraves. Le succès de l'EIMFC à cet égard repose sur les éléments suivants : planification pensée en fonction des brûlages expérimentaux de même nature, équipe de gestion éclairée des incendies de forêt, bonnes relations de travail avec la communauté locale, le personnel d'exécution et les chercheurs, et l'appui de la haute direction.

Breffage de l'équipe de l'EIMFC avant l'allumage.

Information supplémentaire

L'EIMFC a fourni de nouvelles données précieuses sur les caractéristiques des feux de cimes. Les chercheurs et gestionnaires ont mis au point des stratégies afin de protéger les communautés des incendies de forêt et d'assurer la sécurité des pompiers. Les connaissances tirées de l'EIMFC seront critiques dans le développement de la prochaine génération de modèles de comportement du feu et on peut s'attendre à ce que la science de la prédiction du comportement du feu se peaufine.

La documentation photographique acquise grâce à l'EIMFC s'avère utile en matière de formation à la gestion des incendies et d'éducation publique.

La documentation photographique acquise grâce à l'EIMFC s'avère utile en matière de formation à la gestion des incendies et d'éducation publique. L'EIMFC a fait l'objet de trois documentaires visuels produits en Autriche, Angleterre et Hollande. Au début de 1998, le Technology Development Center de l'USFS à Missoula (Montana) a de plus réalisé une courte présentation vidéo sur l'EIMFC.

Quoique certaines découvertes et études préliminaires faites durant l'EIMFC aient déjà été publiées, de plus amples résultats détaillés commenceront à poindre au cours des deux prochaines années. Les lecteurs peuvent visiter le site Web de l'EIMFC afin d'obtenir des renseignements exhaustifs et de voir des photos des feux de l'EIMFC : http://www.nofc.forestry.ca/fire/frn./nwt/index-f.html.

Marty Alexander est agent de recherche sur les dossiers forestiers au SCF à Edmonton (Alberta). Brian Stocks est chercheur scientifique principal, Incendies de forêt et changement mondial, et Mike Wotton est agent de recherche sur les dossiers forestiers. Tous deux travaillent au SCF à Sault Ste. Marie (Ontario). Rick Lanoville est chef des Services des sciences forestières au ministère des Ressources, de la Faune et du Développement économique des Territoires du Nord-Ouest à Fort Smith.

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Centre de foresterie du Nord
5320 - 122 Street
Edmonton (Alberta) Canada
T6H 3S5

Téléphone (780) 435-7210
Fax (780) 435-7359